

Zusammenfassung ET I

Magnet. Fluss: $\Phi = \int_B \vec{B} \cdot d\vec{A}$; ist quellenfrei: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$

Induktion: $U_{12} = - \frac{d\Phi}{dt} \bigg|_{gen} = \underbrace{c \cdot \int_{L''} (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{s}}_{\text{bewegte Schleife}} - \underbrace{\int_A \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{A}}_{\text{Flussänderung}}$

Induktion: $\vec{E} = \int \vec{G} \cdot d\vec{A} \hat{=} \text{von } A \text{ eingeschlossenen Ströme}$
 $= \oint \frac{\vec{B}}{\mu_0} \cdot d\vec{s} = \oint \vec{H} \cdot d\vec{s}$

Brechungsgesetz: $H_{t1} = H_{t2}$; $\frac{\tan \alpha_1}{\tan \alpha_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2}$
 $B_{n1} = B_{n2}$

Magnet. Kreis:
 • Hauptfluss nimmt astmischen Weg
 • Stromfluss \propto Rest zum Luftspalt
 • bei gleichmäßiger Auslastung d. Wickelstroms ist Magnetfeld nur von $\Phi = n \cdot I$ (und nicht von d. Art der Wicklung) abhängig
 • $\Phi_p = c_n \cdot P$; mit c_n mag. Leitwert
 • $B_s = c_s \cdot M$; ... Streuströme

Leitungsgesetz: $U = i \cdot R + \mu \cdot \frac{d\Phi_p}{dt} + \mu \cdot \frac{d\Phi_s}{dt}$
 $= i \cdot R + c_n \mu^2 \frac{di}{dt} + c_s \mu^2 \frac{di}{dt}$
 ESB:

Feldstrommaschine:

Bildung d. Leerlaufspannung: in Wkt: V-Stromzener daher rotiert im Radialen B-Feld d. Erregerrichtung \rightarrow nur induz. Spannung in rotierenden Stator auf Zyl.-Mute
 $v = v \cdot B \cdot \cos \alpha = r \cdot \Omega \cdot B \cdot \cos \alpha$ ($\alpha = \alpha_0 + \omega_0 t, \alpha_0 = \alpha_0 + \omega_0 t$)
 $U_i = \underbrace{\Omega \cdot B \cdot r \cdot l \cdot \cos(\alpha_0 + \omega_0 t)}_{\hat{U}_i} \cdot \underbrace{Z \cdot \cos(\alpha - \frac{\pi}{2})}_{\hat{U}_i}$ (wg. Kommutation gilt die Gl. nur im Breitstrom)

Brillend. Mittelwert: $U_i = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot \hat{U}_i = 0,9 \cdot \hat{U}_i$ ($\alpha = \frac{\pi}{2}$)

$U_i = \frac{\sin \frac{\pi}{2}}{\frac{\pi}{2}} \cdot \hat{U}_i$ (α allgemein; $\frac{\pi}{2}$ ist Winkel d. Tangenten)

mit mag. Kreis u. Formungsmaterial:

$U_i \sim \Phi \cdot \Omega \Rightarrow U_i = k \cdot \Phi \cdot \Omega = k^* \cdot \mu_0 \cdot I_e \cdot \Omega$ (k, k^* Proportionalitätskonstanten, bestimmt durch Aufbau (geometrische Parameter) der Maschine)

Unvermeidlicher Nebeneffekt: induz. Spg. \rightarrow rotierende Eisenkerne \rightarrow Wirbelströme \rightarrow ohmsche Verluste (Widerstandswärme)
 • Abhilfe: Bestreugung in elektr. isolierte Eisenkerne \rightarrow "zerrückte" Strompfade
 • magnet. Leitfähigkeit senkrecht zur Rotationsrichtung erhalten

ESB: für $I_a = \text{const.}$ wird keine Spg. induziert

Elektrische Verhalten d. $I_a \neq 0$ \rightarrow gesamte Ankerwicklung bildet eine "quadratische" Spule \Rightarrow Ankerquerfeld

$I_a \neq 0, \Phi \neq 0$: $U_{2,II} \big|_{I_a \neq 0} = U_i = k \cdot \Phi \cdot \Omega$ (Klemmspg. in Leerlauf)

$I_a \neq 0, \Phi = 0$: $U_{2,II} \big|_{\Phi=0} = R_a \cdot I_a + L_a \cdot \frac{dI_a}{dt}$ (Spannung d. unangeregten Maschinens)

$\hookrightarrow U_{2,II} \big|_{I_a \neq 0} = k \cdot \Phi \cdot \Omega + R_a \cdot I_a + L_a \cdot \frac{dI_a}{dt}$ (ESB: $U = U_i + U_R$)

Leistungsbilanz: Leistungsbilanz f. Ankerkreis: $I_a \cdot U_i = n_p \cdot \Omega$ bzw. $I_a \cdot U_i = M_i \cdot \Omega \Rightarrow M_i = k \cdot \Phi \cdot I_a$ (Mikros: die der Erregerrichtung u. geführte Leistung ist nicht am Umsetzer in mechan. Leistung beibehalten, sondern geht in Wirkungsgrad mit ein)

Kennlinien: Grundgleichungen: $U_i = k \cdot \Phi \cdot \Omega$
 $\Phi = c \cdot \mu_0 \cdot I_e$
 $M_i = k \cdot \Phi \cdot I_a$
 Kennlinien beschreiben das "Betriebsverhalten der GM" in eingeschränktem Zustand, d.h. $\frac{dI_a}{dt} = \frac{dI_e}{dt} = 0$

Freud-, Permeabilität- & Erregerspannung:

$U_{2,II} = U = U_i + R_a \cdot I_a \Rightarrow M_i = \frac{k \cdot \Phi}{R_a} \cdot U - \frac{U^2 \Phi^2}{R_a} \cdot \Omega \cdot \left[\frac{1}{M(\Omega)} \right]$
 Leerlauf ($M_i = 0$): $\Omega_{L0} = \frac{U}{k \cdot \Phi}$
 Stillstand ($\Omega = 0$): $M_{st} = \frac{k \cdot \Phi}{R_a} \cdot U$
 $\frac{M_i}{M_{st}} = 1 - \frac{\Omega}{\Omega_{L0}} = s$ (Schlupf)
 $\hat{=} \text{Bewogen d. Drehzahl d. bei Belastung von der Leerlaufdrehzahl}$

Kennlinien: Anker- u. Erregerspg.

Anker- u. Erregerspg. $\Rightarrow I_a = \frac{U_a}{R_a} \Rightarrow I_e = \frac{U_e}{R_e}$

Variation d. Betriebsspannung U (3)

Variation U bei $\Phi = \text{const.}$: $\frac{M_i}{M_{st}} = \frac{U}{U_N} - \frac{\Omega}{\Omega_{L0}}$
 Variation Φ bei $U = \text{const.}$: $\frac{M_i}{M_{st}} = \frac{\Phi}{\Phi_N} \left(1 - \frac{\Omega}{\Omega_{L0}} \right)$

$\frac{M_i}{M_{st}} = \left(\frac{U}{U_N} \right)^2 \left(1 - \frac{\Omega}{\Omega_{L0}} \right)$

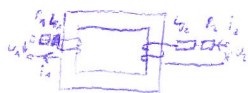
Reihenschlussantrieb ($I_a = I_c$): $I_c = \frac{U}{R_a + R_c + k \cdot c \cdot N_c \cdot \Omega}$; $M_t = k \cdot c \cdot U_g \cdot \frac{U^2}{(R_a + R_c + k \cdot c \cdot N_c \cdot \Omega)^2}$

nicht lastunföhrig!

• Hoher Drehmoment \rightarrow hoher Ankerstrom \rightarrow hoher Erregerstrom \rightarrow Eisenstättigung $\Rightarrow M_t \downarrow$

$M_{st} = k \cdot c \cdot N_c \cdot \frac{U^2}{(R_a + R_c)^2} \Rightarrow \frac{M_t}{M_{st}} = \frac{1}{(1 + \frac{\Omega}{\Omega_{st}})^2}$ mit $\Omega_{st} = \frac{R_a + R_c}{k \cdot c \cdot N_c}$

Transformator:

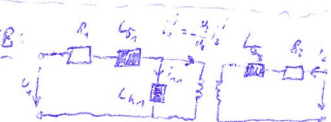


$\Phi_m = \mu_0 \cdot \frac{N}{l} \cdot (i_1 + i_2 \cdot \frac{N_2}{N_1})$

i_{m1} auf Primärseite bezogener Magnetisierungsstrom

$\frac{U_{N1}}{U_{N2}} = \frac{N_1}{N_2}$

ESB:



Näherungsformeln: $\sim \frac{\partial \Phi_m}{\partial t} \sim U_{N1} \Rightarrow P \sim U_{N1}^2$ (im ESB: \rightarrow Modell von L_{m1})

Vereinfachte ESB: für übliche Transf. gilt: $(R_a + R_c + L_{m1}) I_a \ll U_{N1}$

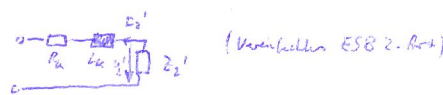
$|I_{m1} + I_{Rc}| \ll |I_c|$



(Vereinfachte ESB 1. Art)

$R_k = R_a + R_c$

$L_k = L_{m1} + L_{m2}$



(Vereinfachte ESB 2. Art)

Drehstromtrieb: Kuppung von Drehphasen bei unversch. Spg. und/oder unversch. Potentiale

Beachten: (i) Drehstromtrieb: bei hohen Leistungen / Spg.

• Praktisch: 3 versch. Einflussgrößen

(ii) Dreischalttrale:

• Schaltungen:

(i) Sternschaltung:



IES-Dre.: Y (abspg.-seite), y (unabspg.-seite)

(ii) Dreieckschaltung:



D x x d x

(iii) Zickzackschaltung:

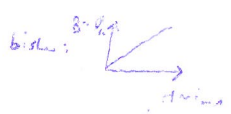


Z x x z x

Beziehung:

1. Kennschalt: Schaltung, dass spg.-Seite
2. Y: Schaltung, unversch.-Seite
3. Kennschalt: gibt an, um wieviel Potentiale von 30° ein Zeiger d. unversch.-Seite dem der Drehspg.-Seite gleiches Kennschalt

• Drehstrom-Sättigungsantrieb: U_a ist sinus-Spg.; beruht Magnetfluss: $\Phi_m = \mu_0 \cdot \frac{N}{l} \cdot \frac{d\Phi}{dt} \sim \frac{d\Phi}{dt}$



$B(H) = \mu_0 \cdot \int_0^H H' dH' + B_r$ mit μ_0 Prop.-Konstante

Eingeschwenkter Zustand: kein Gleichheit in B bzw. i_m (da hierfür keine Spg. vorhanden)

$i_m(H) \Rightarrow B(H) \Rightarrow i_m$

Einschaltstromstoß: • Ungünstiger Fall: $U(t=0) = 0$

• Transf. für $t < 0$ in Ruhe

• $U_1 \rightarrow B \rightarrow i_m$

• i_m sehr groß \rightarrow Überspannungseinrichtung

• Gleichheit hängt auf Grund derselben Widerstände von Primärseite und Sekundärseite innerhalb weniger Perioden ab \rightarrow eingeschwenkter Zustand

ASM: Prinzip: Ständestrom (Drehphasenstrom) \rightarrow Ständerdrehfeld (asynchron) \rightarrow ind. Spg. in Läufer \rightarrow Läuferstrom \rightarrow Drehfeld \rightarrow Drehmoment

Von Ständerstrom hervorgerufen Magnetfeld:

$B_{1x}(x) = \frac{\mu}{\pi} \cdot \frac{N}{2s} \cdot \sin(x)$ mit x Spaltenpaar (μ, B, c)

bei angelegtem Drehstromsystem: $B_{1x} = B_{1a} + B_{1b} + B_{1c} = \frac{\mu}{\pi} \cdot \frac{N}{2s} \cdot \frac{3}{2} \cdot \cos(\alpha - \omega t - \lambda) \cdot \cos(\alpha - \omega t - \lambda)$ fortgeschriebene Welle

Von Läuferstrom hervorgerufen Magnetfeld:

- Läufer steht still ($\Omega = 0$): Bezugswert Läufer fällt mit Bezugswert Ständer zusammen \rightarrow (x) mit unversch. Perioden
- $\Omega \neq 0$: $\alpha = \omega_1 t + \Omega t$ • Annahme: im Spaltenpaar fließt Strom: $i_a = -1 \sin(\omega t + \phi)$
- $S = 1 - \frac{R}{\omega}$ • Schließpunkt • (hier später bestätigt)
- $\Omega = 0$: $i_a(\omega t, \phi) = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \cos(\alpha - \omega t - \lambda)$ $i_b = -1 \sin(\omega t + \phi - \frac{2\pi}{3})$
- $\Omega \neq 0$: $i_a(\omega t, \phi) = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \cos(\alpha - \omega t - \lambda)$ $i_c = -1 \sin(\omega t + \phi - \frac{4\pi}{3})$

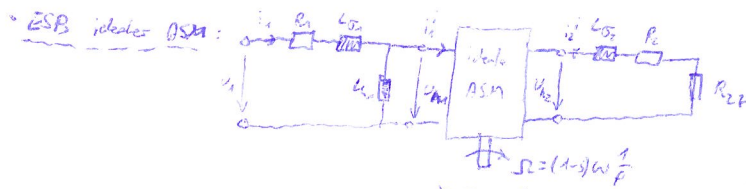
Reinhardt'sches Drehfeld: $B_{d,r}(\alpha, t) = B_1(\alpha, t) + b_n(\alpha, t)$

Kern-Fluss induzierte Spf.:

In Ständerwicklung: $U_{A12} = w \left[W \cdot 2 \cdot L \cdot R \cdot \hat{B}_{A1} \cos(\omega t + \psi) \right] = w \left[W^2 \cdot 2 \cdot \frac{4}{\pi} \cdot L \cdot R \cdot \frac{\mu_0}{25} \cdot \frac{3}{2} \cdot \hat{B}_1 \cos(\omega t + \psi) \right]$
 $U_{A12} = \dots \cos(\omega t + \psi - \frac{2\pi}{5})$
 $U_{A12} = \dots \cos(\omega t + \psi - \frac{4\pi}{5})$

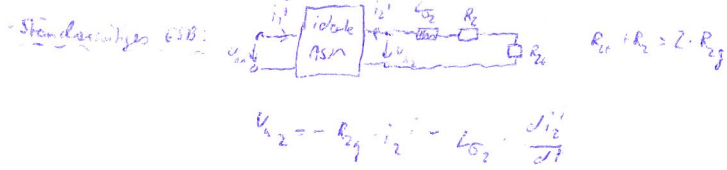
$\hookrightarrow U_{A12} = L_{A1} \cdot \frac{d i_{A1}}{dt} \approx w L_{A1} \hat{I}_m \cos(\omega t + \psi)$
 (analog: U_{A21}, U_{A22})

In Läuferwicklung: wie Ständerwicklung, nur: $\omega = s \cdot \omega$

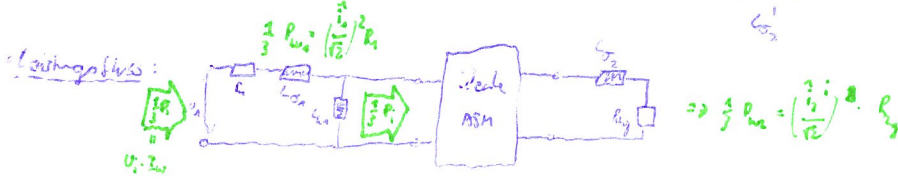


Verhalten idealer ASM: Mech. Verluste, unter Beachsichtigung d. Polpaarzahl:
 $\Omega = (1-s) \omega \cdot \frac{1}{p}$

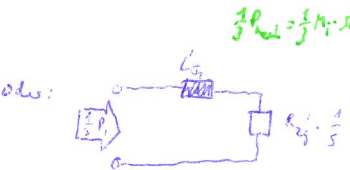
Ständer	Läufer
$U_{A1} = \frac{w_1 E_1}{\omega_1 L_1} \cdot \frac{1}{s} \hat{B}_1 \cos(\omega t + \psi)$	$U_{A2} = \hat{U}_2 \cos(s \omega t + \psi)$
$i_{A1}^i = \frac{w_1 E_1}{\omega_1 L_1} \cdot \frac{1}{s} \sin(\omega t + \psi)$	$i_{A2}^i = -\hat{i}_2 \sin(s \omega t + \psi)$
$\hat{U}_{A1} = \frac{w_1 E_1}{\omega_1 L_1} \cdot \frac{1}{s} \hat{U}_2$	$\hat{U}_2 = \frac{w_2 E_2}{\omega_2 L_2} \cdot s \hat{U}_m$
$i_{A1}^i = \frac{w_1 E_1}{\omega_1 L_1} \cdot \frac{1}{s} \hat{i}_2$	$\hat{i}_2 = \frac{w_2 E_2}{\omega_2 L_2} \cdot \hat{i}_1$



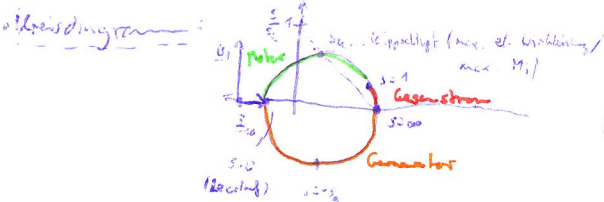
$\hat{i}_{A1} = R_{2g} \left(\frac{w_1 E_1}{\omega_1 L_1} \right)^2 \frac{1}{s} \cdot \hat{i}_1 \sin(\omega t + \psi) + L_{\sigma 2} \left(\frac{w_1 E_1}{\omega_1 L_1} \right)^2 \cdot \omega \cdot \hat{i}_1 \cos(\omega t + \psi)$
 \Rightarrow



$P_1 = 3 \left(\frac{\hat{i}_1}{\sqrt{2}} \right)^2 R_{2g}^1 = 3 \frac{\hat{i}_1^2}{2} \cdot R_{2g} \cdot \frac{1}{s}$



$P_{mech,1} = P_1 - P_2 = 3 \left(\frac{\hat{i}_1}{\sqrt{2}} \right)^2 R_{2g} \left(\frac{1-s}{s} \right)$
 $P_{mech,1} = P_1 (1-s)$
 $M_1 = P_1 \frac{1-s}{\Omega}$
 für $P_{mech} < P_1 \Rightarrow M_1 \approx 3 U_{A1} \hat{I}_{A1} \cdot \frac{p}{\omega}$



Leistungsfaktor: $s_k = \frac{R_{2g}^1}{s \omega (L_{\sigma 1} + L_{\sigma 2})} = \frac{R_{2g}}{s \omega (L_{\sigma 1} + L_{\sigma 2})}$
 Näherung: $\frac{M_1}{M_{1k}} = 2 \cdot \frac{s}{s_k}$ (Näherung in normalem Betriebsbereich durch Totzeit im Leerlaufpunkt)
 $\frac{M_1}{M_{1k}} = \frac{s}{s_k}$
 Punkttrittpunkt: $M_{1N} = 3 U_{A1N} \cdot \hat{I}_{A1N} \cdot \frac{p}{\omega}$
 $\frac{M_1}{M_{1N}} = \frac{P_1}{P_{1N}} = \frac{\hat{I}_{A1}}{\hat{I}_{A1N}}$
 Schwache Dreh. II
 & Kernpunkt

Synchronmaschine:

Prinzip: Feststator mit Dreiphasenwicklung
 Rotierender Rotor mit Gleichstromspäule
 Erregungswicklung (alt. i. Permanentmagnet)

Generatortrieb: Rotorstrom erzeugt ein mit Rotor rotierendes Magnetfeld \rightarrow Ind. \rightarrow Drehspannungsgeschw. in Statorwicklung \rightarrow Mit äußerer Beschaltung stellen sich Statorströme ein, durch die ein Drehmomentrückwirkung auf d. Rotor erfolgt

Motorbetrieb: Statorstrom erzeugt ein mit Rotor rotierendes Magnetfeld \rightarrow Spiegung d. Statorwicklung mit Drehpuls-System \rightarrow Ständerdrehfeld \rightarrow magnet. Bindung \rightarrow Rotor synchron zum Ständerdrehfeld

Kern-Fluss harmonisierendes Magnetfeld: Wie bei ASM (w. $\neq \hat{B}_1, i_A \neq \hat{I}_e, b_e \neq \hat{B}_2$)

$b_e = -\mu \cdot \frac{\mu_0}{25} \cdot \hat{I}_e$
 $b_e(\alpha, t) = -\hat{b}_e \cdot \sin(\alpha - \frac{\omega}{p} t)$ mit $\hat{b}_e = \frac{4}{\pi} \cdot \omega \cdot \frac{\mu_0}{25} \cdot \hat{I}_e$

Von Ständerstrom hervorgerufenes Magnetfeld: analog zu ASM: $B_s(x, t) = \hat{B}_s \cdot \cos(\alpha - \omega t - \lambda)$ mit $\hat{B}_s = \frac{4}{\pi} \cdot W \cdot \frac{\mu_0}{2\delta} \cdot \frac{3}{2} \cdot \hat{I}$ (bestimmt durch abhängige Bestimmung d. Ständerstroms)

Rotierendes Drehfeld: $B_{rot}(x, t) = B_s(x, t) + B_n(x, t)$ (bestimmt durch abhängige Bestimmung d. Ständers & d. Läufer)

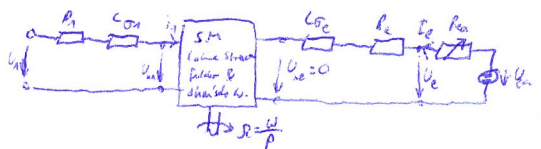
↳ Rotierendes Magnetfeld: • dreht sich mit ω
• der (örtl.) Max-wert d. magnet. Induktion ist zur Zeit mit ω $\beta = \omega t + \gamma$ gegenüber d. Bezugsachsen d. Ständers ausgerichtet

von Hauptfluss ind. Spz.:

in Ständerwicklung: analog zu ASM: $U_{s12} = \omega \underbrace{\frac{4}{\pi} W^2 \cdot \frac{\mu_0}{2\delta} \cdot \frac{3}{2}}_{C_M} \hat{I}_m \cos(\omega t + \gamma) \Rightarrow$ ESB:
 $U_{s12} = L_s \cdot \frac{di_m}{dt}$

in Läuferwicklung: im eingeschalteten Zustand ist Drehfeld relativ zum Läufer konstant \Rightarrow keine Spannung induziert

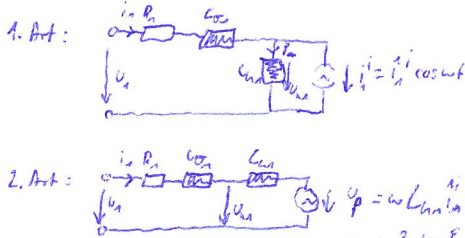
ESB idealer SM:



Verhalt. idealer SM:

Ständer	Läufer
$i_{s1} = \hat{I}_s \sin(\omega t + \gamma) = \frac{2}{3} \frac{\omega_e \hat{E}_1}{\omega_s \hat{E}_1} \hat{I}_e \cos(\omega t)$ $= \hat{I}_{s1} \sin(\omega t + \gamma)$	$i_{r1} = 0$
$i_1 = \frac{2}{3} \frac{\omega_e \hat{E}_1}{\omega_s \hat{E}_1} \hat{I}_e \cos(\omega t)$ $= \hat{I}_1 \cos(\omega t)$	$i_2 = \frac{U_{e1}}{R_2 + j\omega L_2}$

Ständerspezifische ESB:



\Rightarrow Ständerseite d. idealen SM ist eine richtungslosb. von Läuferstrom generierte Stromquelle

... Blindleistung: wenn bei stromlosen Ständer an Ständerklemmen gemessen werden, wird durch das von rotierendem Läufer hervorgerufene rotierende Magnetfeld erzeugt

Leistungsfluss: $P_{mech,1} = P_1 = M_1 \cdot \Omega = M_1 \cdot \frac{\omega}{p}$

für $P_{mech,1} < P_1$: $P_{mech,1} = P_1$

$$M_1 = \frac{P_1}{\omega/p} = 3 \cdot U_{1N} \cdot I_{1N} \cdot \frac{p}{\omega}$$

Nennbetriebspunkt: $M_{1N} = 3 \cdot U_{1N} \cdot I_{1N} \cdot \frac{p}{\omega}$

Betrieb an starrer Netz mit $U_1 = U_{1N}$: $\frac{M_1}{M_{1N}} = \frac{P_1}{P_{1N}} = \frac{I_{1N}}{I_{1N}}$

Ortskurve d. Ständerstroms: $\hat{I}_1 = \frac{U_1 - U_e}{j\omega L_1} = \frac{U_1}{j\omega L_1} + j \frac{U_e}{\omega L_1}$

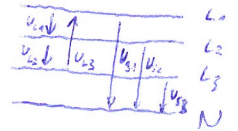
Drehmoment (Klammer) $\hat{I}_{1N} = \hat{I}_1 \cdot \cos \varphi = \frac{U_1}{\omega L_1} \sin(-\varphi) = \frac{U_{1N}}{\omega L_1} \cdot \frac{I_e}{I_{e0}} \sin(-\varphi)$

$$M_1 = 3 \underbrace{\frac{P}{\omega^2 L_1} U_{1N} \cdot U_{1N} \cdot \frac{I_e}{I_{e0}}}_{M_{1N}} \sin(-\varphi)$$

ET1 (Zusammenfassung Vordrucke)

Drehstrom

- Leiter- & Sternspannung:
 - Sternspannung: von Aufsteinker von Nullleiter
 - Leiterspannung: von Aufsteinker von nächsten Aufsteinker



- symmetr. Drehstromsystem: $U_{L1} = U_{L2} = U_{L3} = U_L$ $U_{N1} = U_{N2} = U_{N3} = U_N$
 - Seine Phasenverschiebung um 120° von U_{L1}, U_{L2}, U_{L3} durch nach U_{N1}, U_{N2}, U_{N3}

- es gilt: $U_L = \sqrt{3} \cdot U_N$
- Leiterspg. sind den gleichnamigen Sternspannungen um 30° voraus.
- $|U| = U_{eff} = \frac{U}{\sqrt{2}}$ (Drehstromsystem: grundsätzlich U_{eff} -Ansatz)



1-Phasen-Verbraucher

- Phasenverschiebung:
 - $\varphi > 0$ (ind.): Strom zilt Spg. nach
 - $\varphi < 0$ (kap.): Strom zilt Spg. vor
 - $I_W = I \cdot \cos \varphi$ $I_B = I \cdot \sin \varphi$



- Leistung:
 - $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = U \cdot I_W$ [W] $\cos \varphi > 0$: Verbrauchte Leistung
 - $Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = U \cdot I_B$ [Var] < 0 : geleistete Leistung
 - $S = U \cdot I$ [VA] $\frac{Q}{P} = \tan \varphi$ $S = \sqrt{P^2 + Q^2} \Rightarrow S = P + jQ$

$$Z_L = \frac{Z_0}{3}$$

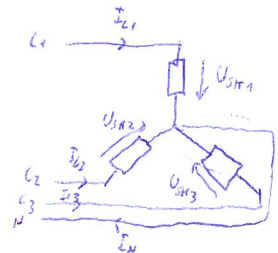
(bei parallel geschalteten 2-Polen: $S_{ges} = S_1 + S_2 + \dots$)

Drehstrom-Verbraucher

- 3 Verbraucherstränge mit Strangimpedanzen Z_{L1}, Z_{L2}, Z_{L3} (bei symmetr.: $Z_{L1} = Z_{L2} = Z_{L3}$)
- Ungespeiste Leistung $\hat{=}$ Σ d. Einzelleistungen

- Sternschaltung: $U_{str} \hat{=} U_N$
 $I_{str} \hat{=} I_L$

- Bei symmetr. Verbraucher: $I_{str1} = I_{str2} = I_{str3} = I_{str}$
 $I_{L1} = I_{L2} = I_{L3} = I_L$
 $I_N = 0$

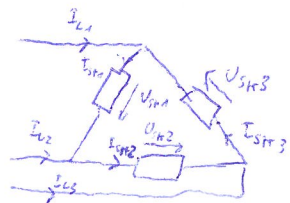


- φ = Phasenverschiebung zw. I_{strk} und U_{strk}
 I_{Lk} und U_{Lk}

$$\left. \begin{aligned} P &= 3 \cdot U_{str} \cdot I_{str} \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi \\ Q &= 3 \cdot U_{str} \cdot I_{str} \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi \end{aligned} \right\} S = 3 \cdot U_{str} \cdot I_{str} = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L$$

- Dreieckschaltung: $U_{str} = U_L$

- I_L setzen sich aus 2 Strangströmen zusammen
- Strompunktleiter nicht erforderlich
- $I_L = \sqrt{3} \cdot I_{str}$



$$\left. \begin{aligned} P &= 3 \cdot U_{str} \cdot I_{str} \cdot \cos \varphi \\ &= 3 \cdot U_L \cdot I_{str} \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi \\ Q &= 3 \cdot U_{str} \cdot I_{str} \cdot \sin \varphi \\ &= 3 \cdot U_L \cdot I_{str} \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi \end{aligned} \right\} S = 3 \cdot U_{str} \cdot I_{str} = 3 \cdot U_L \cdot I_{str} = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L$$